

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Yukio TANIGUCHI, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: METHOD AND APPARATUS FOR FORMING CRYSTALLINE PORTIONS OF SEMICONDUCTOR FILM

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed

☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

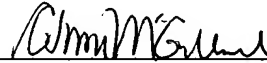
<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2003-089545	March 28, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
☐ are submitted herewith
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland
Registration Number 21,124

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月28日
Date of Application:

出願番号 特願2003-089545
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-089545]

出願人 株式会社 液晶先端技術開発センター
Applicant(s):

2003年11月19日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 YK-008

【あて先】 特許庁長官殿

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶
 先端技術開発センター内

 【氏名】 谷口 幸夫

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶
 先端技術開発センター内

 【氏名】 松村 正清

【特許出願人】

 【識別番号】 501286657

 【氏名又は名称】 株式会社液晶先端技術開発センター

【代理人】

 【識別番号】 100095256

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 山口 孝雄

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 033020

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 0207610

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 結晶化装置および結晶化方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

光強度の最も小さい逆ピークから周囲に向かって光強度が増大する逆ピークパターンの光強度分布を有する光を前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜に照射するための照射系を備え、

前記逆ピークパターンの光強度分布における光強度の最大値を 1 に規格化したときの前記逆ピークの光強度 α 値は、

$$0.2 \leq \alpha \text{ 値} \leq 0.8$$

の条件を満足することを特徴とする結晶化装置。

【請求項 2】 前記逆ピークパターンの光強度分布は、被照射面がアブレーションしない光強度であることを特徴とする請求項 1 に記載の結晶化装置。

【請求項 3】 所定の光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置であって、

ほぼ均一な光強度分布を有する光を前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の所定領域に照射するための第 1 照射系と、

光強度の最も小さい領域から周囲に向かって光強度が増大する逆ピークパターンの光強度分布を有する光を前記所定領域に照射するための第 2 照射系とを備えていることを特徴とする結晶化装置。

【請求項 4】 前記第 1 照射系により前記所定領域に照射される光と前記第 2 照射系により前記所定領域に照射される光との強度比を変化させるための強度比可変手段をさらに備えていることを特徴とする請求項 3 に記載の結晶化装置。

【請求項 5】 前記第 1 照射系と前記第 2 照射系とは、共通の光源と、該共通の光源からの光を前記第 1 照射系の光路へ進む光と前記第 2 照射系の光路へ進む光とに分割するための光分割手段とを有し、

前記光分割手段は、前記第 1 照射系の光路へ進む光と前記第 2 照射系の光路へ進む光との強度比が可変に構成されていることを特徴とする請求項 3 または 4 に

記載の結晶化装置。

【請求項 6】 前記第 1 照射系は、前記光分割手段を介した光に基づいて第 1 所定面をほぼ均一に照明するための第 1 照明光学系と、前記第 1 所定面と前記所定領域との間の光路中に配置された第 1 結像光学系とをさらに有し、

前記第 2 照射系は、前記光分割手段を介した光に基づいて第 2 所定面をほぼ均一に照明するための第 2 照明光学系と、前記第 2 所定面に配置された光変調素子と、前記第 2 所定面と前記所定領域との間の光路中に配置された第 2 結像光学系とをさらに有することを特徴とする請求項 5 に記載の結晶化装置。

【請求項 7】 前記第 1 結像光学系と前記第 2 結像光学系とは共通の結像光学系として構成され、

前記第 1 照明光学系からの光と前記第 2 照明光学系からの光とを合成して前記共通の結像光学系へ導くための光合成手段をさらに備えていることを特徴とする請求項 6 に記載の結晶化装置。

【請求項 8】 前記第 1 照射系と前記第 2 照射系とは互いに異なる方向から前記所定領域に光を照射することを特徴とする請求項 3 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の結晶化装置。

【請求項 9】 前記所定領域における光強度分布を測定するための測定手段をさらに備え、前記測定手段の測定結果に応じて前記強度比を変化させることを特徴とする請求項 4 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の結晶化装置。

【請求項 10】 所定の光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法において、

光強度の最も小さい逆ピークから周囲に向かって光強度が増大する逆ピークパターンの光強度分布を有する光を前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜に照射する照射工程を含み、

前記照射工程では、前記逆ピークパターンの光強度分布における光強度の最大値を 1 に規格化したときの前記逆ピークにおける光強度 α 値は、

$$0.2 \leq \alpha \text{ 値} \leq 0.8$$

の条件を満足することを特徴とする結晶化方法。

【請求項 11】 所定の光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶

質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法において、

ほぼ均一な光強度分布を有する光を前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の所定領域に照射し、

光強度の最も小さい領域から周囲に向かって光強度が増大する逆ピークパターンの光強度分布を有する光を前記所定領域に照射することを特徴とする結晶化方法。

【請求項 12】 請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の結晶化装置または請求項 10 または 11 に記載の結晶化方法を用いて製造されたことを特徴とするデバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、結晶化装置および結晶化方法に関する。特に、本発明は、所定の光強度分布を有するレーザ光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置および結晶化方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、たとえば液晶表示装置 (Liquid-Crystal-Display: LCD) の画素に印加する電圧を制御するスイッチング素子などに用いられる薄膜トランジスタ (Thin-Film-Transistor: TFT) は、非晶質シリコン (amorphous-Silicon) 層や多結晶シリコン (poly-Silicon) に形成されている。

【0003】

多結晶シリコン層は、非晶質シリコンよりも電子移動度が高い。したがって、多結晶シリコン層にトランジスタを形成した場合、非晶質シリコンに形成する場合よりも、スイッチング速度が速くなり、ひいてはディスプレイの応答が速くなる。また、周辺 LSI を薄膜トランジスタで構成することが可能になる。さらに、他の部品の設計マージンを減らせるなどの利点がある。また、ドライバ回路や DAC などの周辺回路は、ディスプレイに組み入れる場合に、それらの周辺回路をより高速に動作させることができる。

【0004】

多結晶シリコンは1結晶粒の集合からなるが、単結晶シリコンに比べると電子移動度が低い。また、多結晶シリコンに形成した薄膜トランジスタは、チャンネル部における結晶粒界数のバラツキが問題となる。そこで、最近、電子移動度を向上させ且つチャンネル部における結晶粒界数のバラツキを少なくするために、大粒径の結晶化シリコンを生成する結晶化方法が提案されている。

【0005】

従来、この種の結晶化方法として、多結晶半導体膜または非晶質半導体膜と平行に近接させた位相シフターにエキシマレーザ光を照射して結晶化半導体膜を生成する「位相制御ELA (Excimer Laser Annealing) 法」が知られている。位相制御ELAの詳細は、たとえば「表面科学Vol.21, No.5, pp.278-287, 2000」に開示されている。

【0006】

位相制御ELAでは、位相シフターの位相シフト部に対応する点において光強度がほぼ0の逆ピークパターン（中心において光強度がほぼ0で周囲に向かって光強度が急激に増大するパターン）の光強度分布を発生させ、この逆ピークパターンの光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射する。その結果、光強度分布に応じて溶融領域に温度勾配が生じ、光強度がほぼ0の点に対応して最初に凝固する部分に結晶核が形成され、その結晶核から周囲に向かって結晶が横方向に成長（以降、「ラテラル成長」もしくは「ラテラル方向成長」とよぶ）することにより大粒径の単結晶粒が生成される。

【0007】**【発明が解決しようとする課題】**

ところで、従来技術において一般に用いられる位相シフターは、いわゆるライン型の位相シフターであって、一方向に沿って交互に繰り返される2つの矩形状の領域で構成され、この2つの領域の間には π （180度）の位相差が付与されている。図10は、ライン型の位相シフターの構成および作用を説明する図である。ライン型の位相シフターを用いた場合、図10（a）に示すように、たとえば180度の位相差を有する2つの領域101aと101bとの間の直線状の境

界線 101c が位相シフト線を構成することになる。

【0008】

したがって、図 10 (b) に示すように、位相シフト線に対応する線 102 上において光強度がほぼ 0 で且つ線 102 と直交する方向に周囲に向かって一次的に光強度が増加するような逆ピークパターンの光強度分布が形成される。この場合、図 10 (c) に示すように、位相シフト線に対応する線 102 に沿って温度分布が最も低くなるとともに、位相シフト線に対応する線 102 と直交する方向に沿って温度勾配 (図中矢印で示す) が発生する。その結果、位相シフト線に対応する線 102 の近傍で結晶核が発生し、その結晶核から位相シフト線に対応する線 102 と直交する方向に沿って結晶化が進行する。

【0009】

図 11 は、従来技術において得られる逆ピークパターンの光強度分布に起因する不都合を説明する図である。図 11 (a) に示すように、光強度が第 1 の基準強度 A 以下の領域ではアモルファスシリコンが変化せずアモルファスシリコン状態にとどまるか、もしくはたとえ溶融してもポリシリコン状態にとどまり、結果として結晶成長は開始しない (以降、このアモルファス状態とポリシリコン状態を含む状態を、簡単のため「アモルファス領域」と呼ぶ)。このアモルファス領域の周辺部が結晶核となってそこから結晶が成長すると考えられる。したがって、逆ピークパターンの光強度分布における光強度の最大値を 1 に規格化したときの逆ピーク値 (光強度の最も小さい点) における光強度 α 値が第 1 の重要になる。ちなみに、図 11 (b) に示すように、 α 値が基準強度 A よりも大きくなると、アモルファス領域が形成されなくなるので、結晶核が生成されなくなってしまう。従って結晶も成長しない。

【0010】

一般に、たとえばライン型の位相シフターを用いる従来技術では、図 11 (c) に示すように、第 1 の基準強度 A に比して α 値が小さくなりすぎてアモルファス領域が大きくなる傾向にあり、位相シフト線が一定ピッチで配置されることを考えると、大粒径の結晶を得ることが困難である。また、図 11 (a) に示すように、光強度が第 2 の基準強度 B 以上の領域ではアブレーション (蒸散) により

アモルファスシリコン半導体が消失もしくは破壊されてしまう。従来技術では、 α 値を調整すると光強度分布の性状も変わるので、結晶核からの十分なラテラル成長を実現するための所望の光強度分布を得ることが困難であるという不都合があった。

【0011】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、アブレーションを実質的に発生させることなく、結晶核からの十分なラテラル方向の結晶成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成することのできる結晶化装置および結晶化方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、所定の光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置において、光強度の最も小さい逆ピークから周囲に向かって光強度が増大する逆ピークパターンの光強度分布を有する光を前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜に照射するための照射系を備え、前記逆ピークパターンの光強度分布における光強度の最大値を1に規格化したときの前記逆ピーク値における光強度 α 値は、 $0.2 \leq \alpha \text{ 値} \leq 0.8$ の条件を満足することを特徴とする結晶化装置を提供する。この構成により、アブレーションを実質的に発生させることなく、比較的小さいアモルファス領域に基づいて結晶核からの十分なラテラル方向の結晶成長を実現することのできる所望の光強度分布を得ることができる。

【0013】

本発明の第2形態では、所定の光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置において、ほぼ均一な光強度分布を有する光を前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の所定領域に照射するための第1照射系と、光強度の最も小さい領域から周囲に向かって光強度が増大する逆ピークパターンの光強度分布を有する光を前記所定領域に照射するための第2照射系とを備えていることを特徴とする結晶化装置を提供する。この構成により、アブレーションを実質的に発生させることなく、比較

的小さいアモルファス領域に基づいて結晶核からの十分なラテラル成長を実現することのできる所望の光強度分布を得ることができる。

【0014】

第2形態の好ましい態様によれば、前記第1照射系により前記所定領域に照射される光と前記第2照射系により前記所定領域に照射される光との強度比を変化させるための強度比可変手段をさらに備えている。この強度比可変手段を用いて強度比を変化させることにより、逆ピークパターンの光強度分布の性状を実質的に変えることなく、 α 値を適切な範囲に調整することができる。

【0015】

また、第2形態の好ましい態様によれば、前記第1照射系と前記第2照射系とは、共通の光源と、該共通の光源からの光を前記第1照射系の光路へ進む光と前記第2照射系の光路へ進む光とに分割するための光分割手段とを有し、前記光分割手段は、前記第1照射系の光路へ進む光と前記第2照射系の光路へ進む光との強度比が可変に構成されている。この光分割手段を用いて強度比を変化させることにより、逆ピークパターンの光強度分布の性状を実質的に変えることなく、 α 値を適切な範囲に調整することができる。

【0016】

また、第2形態の好ましい態様によれば、前記第1照射系は、前記光分割手段を介した光に基づいて第1所定面をほぼ均一に照明するための第1照明光学系と、前記第1所定面と前記所定領域との間の光路中に配置された第1結像光学系とをさらに有し、前記第2照射系は、前記光分割手段を介した光に基づいて第2所定面をほぼ均一に照明するための第2照明光学系と、前記第2所定面に配置された光変調素子と、前記第2所定面と前記所定領域との間の光路中に配置された第2結像光学系とをさらに有する。この構成により、光源を共通化して、第1照射系および第2照射系を比較的簡素に構成することができる。

【0017】

また、第2形態の好ましい態様によれば、前記第1結像光学系と前記第2結像光学系とは共通の結像光学系として構成され、前記第1照明光学系からの光と前記第2照明光学系からの光とを合成して前記共通の結像光学系へ導くための光合

成手段をさらに備えている。この構成により、結像光学系を共通化して、第1照射系および第2照射系を比較的簡素に構成することができる。

【0018】

また、第2形態の好ましい態様によれば、前記第1照射系と前記第2照射系とは互いに異なる方向から前記所定領域に光を照射する。必要に応じて、このような結像光学系を共通化しない形態も可能である。

【0019】

また、第2形態の好ましい態様によれば、前記所定領域における光強度分布を測定するための測定手段をさらに備え、前記測定手段の測定結果に応じて前記強度比を変化させる。この構成により、実際に形成される逆ピークパターンの光強度分布の α 値を高精度に調整することができる。

【0020】

本発明の第3形態では、所定の光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法において、光強度の最も小さい逆ピークから周囲に向かって光強度が増大する逆ピークパターンの光強度分布を有する光を前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜に照射する照射工程を含み、前記照射工程では、前記逆ピークパターンの光強度分布における光強度の最大値を1に規格化したときの前記逆ピークにおける光強度 α 値は、 $0.2 \leq \alpha \leq 0.8$ の条件を満足することを特徴とする結晶化方法を提供する。この構成により、アブレーションを実質的に発生させることなく、比較的小さいアモルファス領域に基づいて結晶核からの十分なラテラル成長を実現することのできる所望の光強度分布を得ることができる。

【0021】

本発明の第4形態では、所定の光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化方法において、ほぼ均一な光強度分布を有する光を前記多結晶半導体膜または前記非晶質半導体膜の所定領域に照射し、光強度の最も小さい領域から周囲に向かって光強度が増大する逆ピークパターンの光強度分布を有する光を前記所定領域に照射することを特徴とする結晶化方法を提供する。この構成により、アブレーションを実質的に発

生させることなく、比較的小さいアモルファス領域に基づいて結晶核からの十分なラテラル成長を実現することのできる所望の光強度分布を得ることができる。

【 0 0 2 2 】

本発明の第 5 形態では、第 1 形態あるいは第 2 形態の結晶化装置または第 3 形態あるいは第 4 形態の結晶化方法を用いて製造されたことを特徴とするデバイスを提供する。この場合、結晶核からの十分なラテラル成長を実現して得られた大粒径の結晶化半導体膜に基づいて、良好な半導体デバイスや液晶表示デバイスなどを製造することができる。

【 0 0 2 3 】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。

図 1 は、本発明の実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。また、図 2 は、図 1 の第 2 照明光学系の内部構成を概略的に示す図である。本実施形態の結晶化装置は、たとえば 2 4 8 n m の波長を有する光を供給する K r F エキシマレーザ光源 1 を備えている。なお、光源 1 として、K r F、X e C l などのエキシマレーザ光源や Y A G レーザ光源のような他の適当な光源を用いることもできる。

【 0 0 2 4 】

光源 1 から供給されたレーザ光は、強度比可変手段として利用するため光分割手段例えばビームスプリッター 2 に入射する。ビームスプリッター 2 は光路に対して挿脱自在に構成され、反射率の異なる他のビームスプリッターと交換可能である。ビームスプリッター 2 で反射されたレーザ光は、第 1 照明光学系 3 を介して、図中破線で示す所定面 4 をほぼ均一に照明する。一方、ビームスプリッター 2 を透過したレーザ光は、2 つのミラー 5 および 6 で順次反射された後、第 2 照明光学系 7 を介して、光変調素子としての位相シフター 8 をほぼ均一に照明する。

【 0 0 2 5 】

図 2 を参照すると、第 2 照明光学系 7 では、第 1 フライアイレンズ 7 a に入射した光は、その後側焦点面に複数の光源を形成する。第 1 フライアイレンズ 7 a

の後側焦点面に形成された複数の光源からの光束は、第1コンデンサー光学系7bを介して、第2フライアイレンズ7cの入射面を重畳的に照明する。その結果、第2フライアイレンズ7cの後側焦点面には、第1フライアイレンズ7aの後側焦点面よりも多くの複数の光源が形成される。第2フライアイレンズ7cの後側焦点面に形成された複数の光源からの光束は、第2コンデンサー光学系7dを介して、たとえばライン型の位相シフター8を重畳的に照明する。

【0026】

ここで、第1フライアイレンズ7aおよび第1コンデンサー光学系7bはビームスプリッター2からの反射レーザ光を均一化するための第1ホモジナイザを構成し、この第1ホモジナイザにより位相シフター8上での入射角度に関する均一化が図られる。また、第2フライアイレンズ7cおよび第2コンデンサー光学系7dは第2ホモジナイザを構成し、この第2ホモジナイザにより位相シフター8上での面内位置に関する均一化が図られる。したがって、位相シフター8は、第2照明光学系7を介して、ほぼ均一な光強度分布を有する光により照明される。

【0027】

なお、第1照明光学系3では、所定面4をほぼ均一に照明するために、第2照明光学系7と同様な内部構成を採用することができる。ただし、所定面4を照明する光では位相シフター8を照明する光ほど高い均一性を必要としないので、第1照明光学系3では比較的簡易な構成を採用することができる。第1照明光学系、第2照明光学系とも、ここに述べた以外の方法、たとえば、フライアイレンズを用いないケーラー照明や、ロッド型のオプティカルインテグレータを用いる方法等が可能である。また、必要に応じて、散乱板を挿入してもよい。

【0028】

所定面4を介した光は、ビームスプリッター9を透過した後、結像光学系10を介して、被処理基板11に入射する。一方、位相シフター8を介した光は、ビームスプリッター9で反射された後、結像光学系10を介して、被処理基板11に照射する。すなわち、所定面4を介した光と位相シフター8を介した光とは、光合成手段としてのビームスプリッター9により合成され、結像光学系10へ（ひいては被処理基板11へ）導かれる。

【0029】

ここで、被処理基板 11 は、たとえば液晶ディスプレイ用板ガラスの上に化学気相成長法により下地膜および非晶質シリコン膜が順次形成されたものである。被処理基板 11 は、真空チャックや静電チャックなどにより基板ステージ 12 上において所定の位置に保持されている。また、本実施形態では、被処理基板 11 の半導体膜上の所定領域に形成される光強度分布を測定するための測定器 13 が設けられている。

【0030】

結像光学系 10 は、屈折型の光学系であってもよいし、反射型の光学系であってもよいし、屈折反射型の光学系であってもよい。本実施形態では、いわゆる投影デフォーカス法を採用する場合、被処理基板 11 が、結像光学系 10 に関して位相シフター 8 と光学的に共役な面から光軸に沿って所定距離（デフォーカス量）だけ離れて設定される。一方、いわゆる投影 NA 法を採用する場合、被処理基板 11 と位相シフター 8 とは、結像光学系 10 を介して光学的に共役に配置される。

【0031】

いずれの場合も、所定面 4 と被処理基板 11 とは、結像光学系 10 を介して光学的にほぼ共役に配置される。投影デフォーカス法では、位相シフター 8 を介した光が被処理基板 11 の半導体膜上において逆ピークパターンの光強度分布を発生させるように、デフォーカス量が所要の値に設定される。一方、投影 NA 法では、位相シフター 8 を介した光が被処理基板 11 の半導体膜上において逆ピークパターンの光強度分布を発生させるように、結像光学系 10 の像側開口数が所要の値に設定される。

【0032】

このように、光源 1、ビームスプリッター 2、第 1 照明光学系 3、ビームスプリッター 9、および結像光学系 10 は、ほぼ均一な光強度分布を有する光を被処理基板 11 の半導体膜上の所定領域に照射するための第 1 照射系を構成している。また、光源 1、ビームスプリッター 2、第 2 照明光学系 7、位相シフター 8、ビームスプリッター 9、および結像光学系 10 は、光強度の最も小さい領域から

周囲に向かって光強度が増大する逆ピークパターンの光強度分布を有する光を被処理基板 11 の半導体膜上の所定領域に照射するための第 2 照射系を構成している。

【0033】

図 3 は、本実施形態において被処理基板の半導体膜上に形成される光強度分布を説明する図である。次に図 1 乃至図 3 を参照して説明する。第 2 照射系は、位相シフター 8 の光変調作用により、図中左側に示すように、逆ピーク値 0 に近い光強度を有する中心から周囲に向かって光強度が増大する逆ピークパターンの光強度分布を被処理基板 11 の半導体膜上の所定領域に形成する（図 3（a））。一方、第 1 照射系は、図中中央に示すように、ほぼ均一な光強度分布を被処理基板 11 の半導体膜上の所定領域に形成する（図 3（b））。

【0034】

したがって、本実施形態では、第 2 照射系から照射される位相シフター 8 での変調光と第 1 照射系から照射される均一化光とが被処理基板 11 の半導体膜上の所定領域において合成される。この合成光は、図中右側の図 3（c）に示すように、図 3（a）の α 値が図 3（b）の均一光量分増大した図 3（c）の光である。光強度が最も小さいが 0 よりも実質的に大きい光強度を有する逆ピーク値の α 値から周囲に向かって光強度が増大する逆ピークパターンの光強度分布を有する。本実施形態では、逆ピークパターンの光強度分布における光強度の最大値を 1 に規格化したときの逆ピークにおける光強度が α 値として定義されている。

【0035】

図 4 は、本実施形態の基本的作用を説明する図で、合成光での α 値と第 1 の基準強度 A との関係を示すための図である。本実施形態では、ビームスプリッター 2 を反射率の比較的小さいビームスプリッターと交換すると、均一化光の強度が減少し且つ位相シフター変調光の強度が増大する。その結果、図 4（a）に示すように、逆ピークパターンの光強度分布における α 値が小さくなる。逆に、ビームスプリッター 2 を反射率の比較的大きいビームスプリッターと交換すると、均一化光の強度が増大し且つ位相シフター変調光の強度が減少し、図 4（a）に示すように α 値が大きくなる。

【0036】

このように、様々な反射率を有する交換可能な複数のビームスプリッター 2 は、第 1 照射系からの均一化光と第 2 照射系からの位相シフター変調光との強度比を変化させるための強度比可変手段を構成している。そして、この強度比可変手段の作用により、逆ピークパターンの光強度分布の性状を変えることなく（逆ピークの位置、最大強度の位置などを変えることなく）、 α 値を調整することができる。

【0037】

従来技術においても、たとえば照明シグマ値（照明系の NA / 結像系の物体側 NA）や被処理基板のデフォーカス量を変化させて α 値を調整することが考えられる。しかしながら、照明シグマ値やデフォーカス量による α 値の調整では、逆ピークパターンの光強度分布の性状も変化してしまう。その結果、結晶核からの十分なラテラル成長を実現するための所望の光強度分布を得ることが困難であるという不都合があった。

【0038】

本実施形態では、たとえば測定器 13 で被処理基板 11 の半導体膜上における光強度分布を測定し、測定結果に応じてビームスプリッター 2 を切り換えて、図 3（b）の均一化光と位相シフター 8 による変調光との強度比を変化させる。その結果、図 4（b）に示すように、 α 値がアモルファス限界強度 A よりもわずかに小さく、且つ最大強度がアブレーション限界強度 B よりも小さい逆ピークパターンの光強度分布を得ることができる。この場合、比較的小さいアモルファス領域が形成され、そのアモルファス領域の周辺に結晶核が生成され、この結晶核から周囲に向かって大粒径の結晶がラテラル水平方向に成長する。

【0039】

また、逆ピークパターンの光強度分布の最大強度がアブレーション限界強度 B よりも小さいので、アブレーションにより半導体アモルファスシリコン又は多結晶シリコンが消失することもない。このように、本実施形態では、アブレーションを実質的に発生させることなく、所望の光強度分布に基づいて結晶核からの十分なラテラル方向に結晶成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成すること

ができる。

【0040】

本実施形態では、アブレーションを実質的に発生させることなく結晶核からの十分なラテラル方向に結晶成長を実現するための所要の光強度分布を得るには、 α 値が次の条件式 (1) を満足することが重要である。

$$0.2 \leq \alpha \text{ 値} \leq 0.8 \quad (1)$$

なお、本発明の効果をさらに良好に達成するには、条件式 (1) の上限値と下限値を仕様波長、光強度、半導体膜構造、光強度分布に応じて最適値に設定することが好ましい。

【0041】

本実施形態では、特定の数値例にしたがうシミュレーションにより、被処理基板 11 の半導体膜上において得られる光強度分布を実際に求めている。この数値例において、光の波長 λ を 248 nm とし、結像光学系 10 が等倍光学系であり、結像光学系 10 の物体側開口数を 0.031 と想定している。また、照明シグマが 0.5 になるように、第 2 照明光学系 7 の開口数を 0.0155 と想定している。

【0042】

さらに、ライン型の位相シフター 8 は一方向に沿って 10 μ m のピッチで交互に繰り返される 2 つの領域で構成され、この 2 つの領域の間には 180 度の位相差が付与されているものと想定している。図 5 (a) は、数値例において位相シフター変調光により被処理基板 11 の半導体膜上で得られた光強度分布を示している。また、図 5 (b) は、数値例において均一化光により被処理基板 11 の半導体膜上で得られた光強度分布を示している。

【0043】

図 5 (a) では、逆ピークパターンの光強度分布における光強度の最大値を 1 に規格化している。同様に、図 5 (b) においても、ほぼ均一な光強度分布における光強度の最大値を 1 に規格化している。そして、数値例では、図 5 (a) に示す光強度分布における最大光強度の実際の値と図 5 (b) に示す光強度分布における最大光強度の実際の値とが等しくなるように、均一化光と位相シフター変

調光との強度比を設定している。

【0044】

その結果、図5(a)に示す光強度分布を有する位相シフター変調光と図5(b)に示す光強度分布を有する均一化光との合成により、被処理基板11の半導体膜上において図6に示すような逆ピークパターンの光強度分布が得られる。図6では、左側の縦軸は図5(a)および(b)の縦軸に対応しているが、右側の縦軸では合成光の光強度分布における光強度の最大値を1に規格化している。図6を参照すると、本実施形態にしたがって、たとえば α 値が0.5程度の所望の光強度分布が得られることがわかる。

【0045】

なお、上述の実施形態では、光分割手段としてのビームスプリッター2を反射率の異なる他のビームスプリッターと交換することにより、均一化光と位相シフター変調光との強度比を変化させている。しかしながら、これに限定されることなく、ビームスプリッター2の透過率の異なるものを使用してもよいし、光合成手段としてのビームスプリッター9を反射率又は透過率の異なる他のビームスプリッターと交換することにより強度比を変化させることもできる。また、ビームスプリッター2および9の双方を反射率の異なる他のビームスプリッターと交換することにより強度比を変化させることもできる。

【0046】

また、上述の実施形態では、光分割手段としてビームスプリッター2を用いているが、これに限定されることなく、光分割手段の構成について様々な変形例が可能である。図7は、光分割手段の変形例の構成を概略的に示す図である。図7を参照すると、変形例にかかる光分割手段20は、光の入射側から、偏光板21と、光軸廻りに回転可能な1/2波長板22と、偏光ビームスプリッター23とを備えている。

【0047】

光分割手段20では、光源1からのレーザ光が、偏光板21および1/2波長板22を介して、偏光ビームスプリッター23に入射する。そして、偏光ビームスプリッター23で反射された光はS偏光として、第1照明光学系3、ビームス

プリッター 9 および結像光学系 10 を介して、被処理基板 11 に達する。一方、偏光ビームスプリッター 23 を透過した光は P 偏光として、第 2 照明光学系 7、位相シフター 8、ビームスプリッター 9 および結像光学系 10 を介して、被処理基板 11 に達する。

【0048】

変形例の光分割手段 20 では、1/2 波長板 22 を光軸廻りに回転させることにより、偏光ビームスプリッター 23 での反射光と透過光との強度比を変化させることができる。なお、変形例の光分割手段 20 を用いる場合、P 偏光と S 偏光との合成における光量損失を抑えるために、ビームスプリッター 9 に代えて偏光ビームスプリッターを用いることが好ましい。

【0049】

ところで、光合成手段として、たとえば誘電体多層膜が形成されたミラータイプのビームスプリッター 9 を用いる場合、図 8 (a) に示すように、透過光には基板の厚みの影響により収差が発生し易い。したがって、位相シフター変調光がビームスプリッター 9 での収差の影響を実質的に受けないように、位相シフター 8 からの光がビームスプリッター 9 で反射されるように設定することが好ましい。また、ビームスプリッター 9 における位相シフター変調光と均一化光との合成に際して不要干渉縞が生じないように、位相シフター変調光と均一化光との間にレーザ光の可干渉距離よりも大きな光路差を設けることが望ましい。

【0050】

また、上述の実施形態では、第 1 照射系と第 2 照射系とが共通の光源 1 を備えているが、これに限定されることなく、第 1 照射系と第 2 照射系とが別々の光源を備える構成も可能である。この場合、光分割手段の配置を省略することができるが、たとえば光合成手段としてのビームスプリッター 9 を反射率の異なる他のビームスプリッターと交換することにより、均一化光と位相シフター変調光との強度比を変化させる必要がある。

【0051】

また、上述の実施形態では、第 1 照射系と第 2 照射系とが共通の結像光学系 10 を備えているが、これに限定されることなく、第 1 照射系と第 2 照射系とが別

々の結像光学系を備える構成も可能である。この場合、図8 (a) に示すように、第1照射系と第2照射系とは互いに異なる方向から被処理基板に光を照射することになる。この場合、被処理基板の厚みに起因する収差の影響を避けるために、位相シフター変調光を被処理基板の半導体膜側から照射することが望ましい。

【0052】

なお、上述の実施形態において、光強度分布は設計の段階でも計算できるが、実際の被処理面での光強度分布を観察して確認しておくことが望ましい。そのためには、たとえば測定器13を用いて、被処理基板11の被処理面を光学系で拡大し、CCDなどの撮像素子で入力すれば良い。使用光が紫外線の場合は、光学系が制約を受けるため、被処理面に蛍光板を設けて可視光に変換しても良い。

【0053】

図9は、本実施形態の結晶化装置を用いて結晶化された領域に電子デバイスを作製する工程を示す工程断面図である。図9 (a) に示すように、絶縁基板80 (例えば、アルカリガラス、石英ガラス、プラスチック、ポリイミドなど) の上に、下地膜81 (例えば、膜厚50nmのSiNおよび膜厚100nmのSiO₂積層膜など) および非晶質半導体膜82 (例えば、膜厚50nm~200nm程度のSi, Ge, SiGeなど) を、化学気相成長法やスパッタ法などを用いて成膜した被処理基板11を準備する。そして、各実施形態により、図1に示す結晶化装置を用いて、非晶質半導体膜82の表面の一部もしくは全部に、レーザー光83 (例えば、KrFエキシマレーザー光やXeClエキシマレーザー光など) を照射する。

【0054】

こうして、図9 (b) に示すように、大粒径の結晶を有する多結晶半導体膜または単結晶化半導体膜84が生成される。次に、図9 (c) に示すように、フォトリソグラフィ技術を用いて多結晶半導体膜または単結晶化半導体膜84を島状の半導体膜85に加工し、ゲート絶縁膜86として膜厚20nm~100nmのSiO₂膜を化学気相成長法やスパッタ法などを用いて成膜する。さらに、図9 (d) に示すように、ゲート電極87 (例えば、シリサイドやMoWなど) を形成し、ゲート電極87をマスクにして不純物イオン88 (Nチャネルトランジス

タの場合にはリン、Pチャネルトランジスタの場合にはホウ素)を注入する。その後、窒素雰囲気中でアニール処理(例えば、450°Cで1時間)を行い、不純物を活性化する。次に、図9(e)に示すように、層間絶縁膜89を成膜してコンタクト穴をあけ、チャネル90でつながるソース91およびドレイン92に接続するソース電極93およびドレイン電極94を形成する。

【0055】

以上の工程において、図9(a)および(b)に示す工程で生成された多結晶半導体膜または単結晶化半導体膜84の大粒径結晶の位置に合わせて、チャネル90を形成する。以上の工程により、多結晶トランジスタまたは単結晶化半導体トランジスタを形成することができる。こうして製造された多結晶トランジスタまたは単結晶化トランジスタは、液晶ディスプレイやEL(エレクトロルミネセンス)ディスプレイなどの駆動回路や、メモリ(SRAMやDRAM)やCPUなどの集積回路などに適用可能である。

【0056】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の結晶化装置および結晶化方法では、ほぼ均一な光強度分布を有する光と逆ピークパターンの光強度分布を有する光とを多結晶半導体膜または非晶質半導体膜の所定領域において合成する。その結果、本発明では、アブレーションを実質的に発生させることなく、結晶核からの十分なラテラル成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態にかかる結晶化装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】

図1の第2照明光学系の内部構成を概略的に示す図である。

【図3】

本発明の基本的作用を説明する図である。

【図4】

本実施形態の基本的作用を説明する図である。

【図 5】

数値例において位相シフター変調光で得られた光強度分布および均一化光で得られた光強度分布を示す図である。

【図 6】

数値例において位相シフター変調光と均一化光との合成光として得られた光強度分布を示す図である。

【図 7】

光分割手段の変形例の構成を概略的に示す図である。

【図 8】

本実施形態の光分割手段における収差発生および位相シフター変調光と均一化光とを別の方向から照射する態様を説明する図である。

【図 9】

本実施形態の結晶化装置を用いて電子デバイスを作製する工程を示す工程断面図である。

【図 1 0】

ライン型の位相シフターの構成および作用を説明する図である。

【図 1 1】

従来技術において得られる逆ピークパターンの光強度分布に起因する不都合を説明する図である。

【符号の説明】

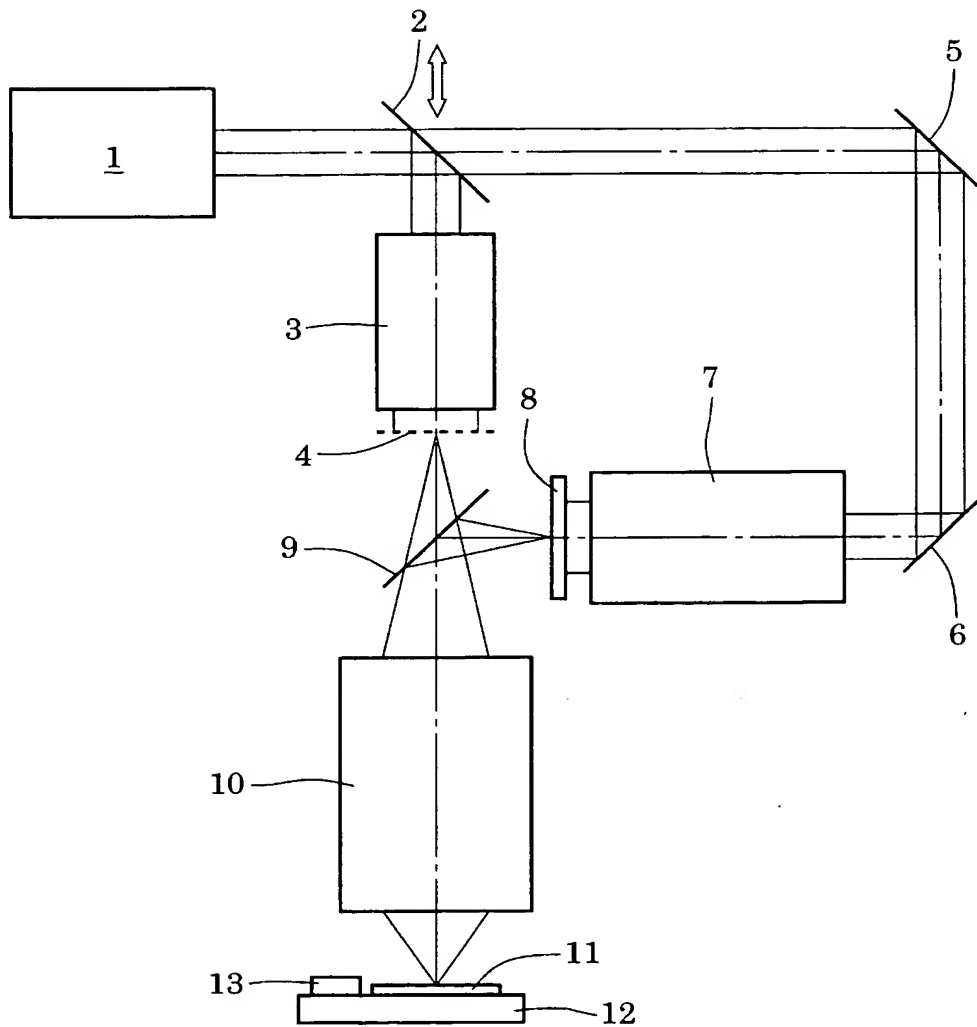
- 1 光源
- 2, 9 ビームスプリッター
- 3 第 1 照明光学系
- 7 第 2 照明光学系
- 8 位相シフター
- 1 0 結像光学系
- 1 1 被処理基板
- 1 2 基板ステージ
- 1 3 測定器

- 2 1 偏光板
- 2 2 1 / 2 波長板
- 2 3 偏光ビームスプリッター

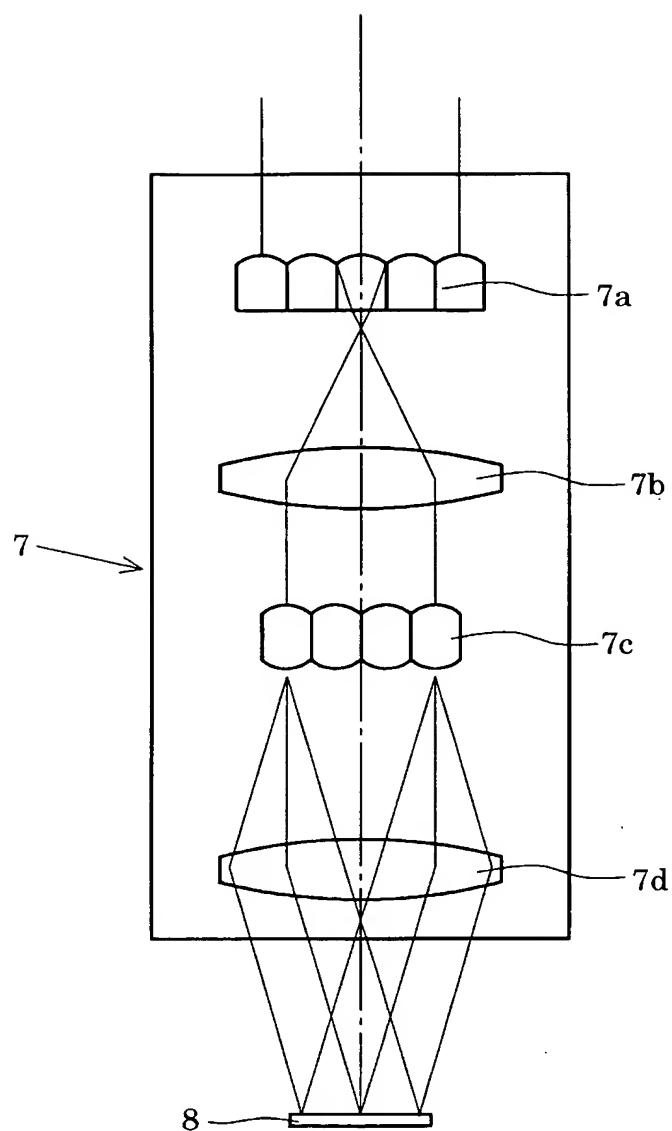
【書類名】

図面

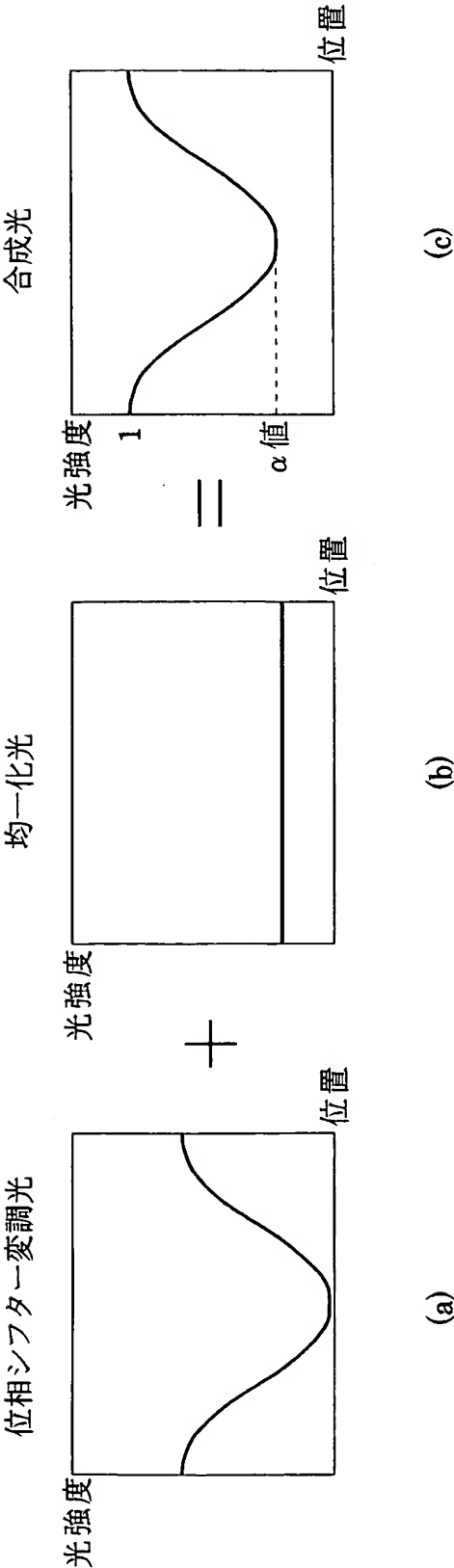
【図 1】



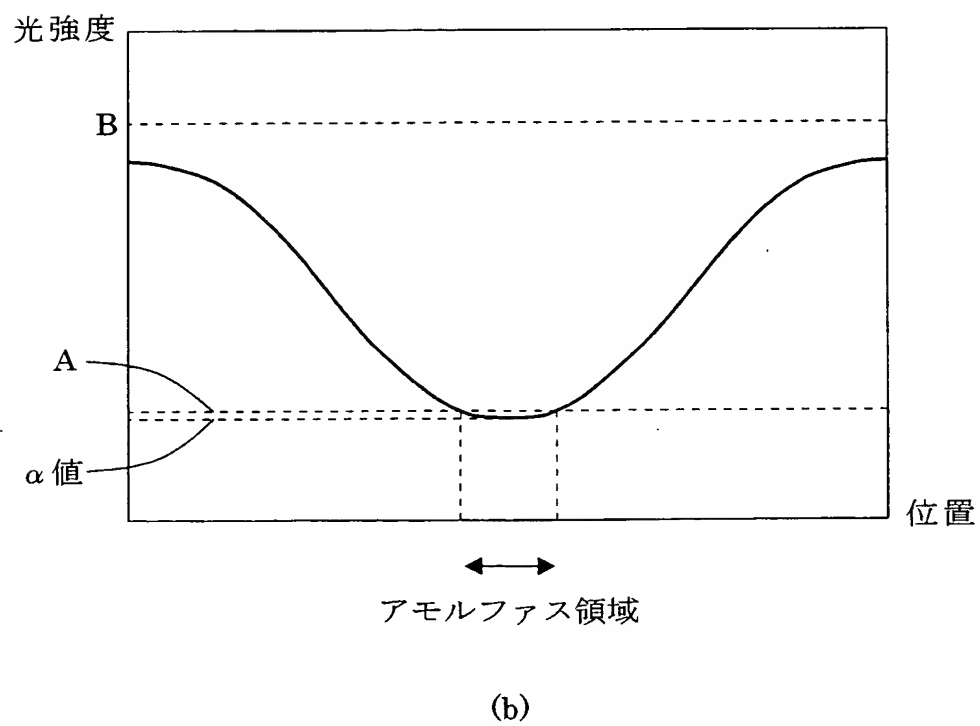
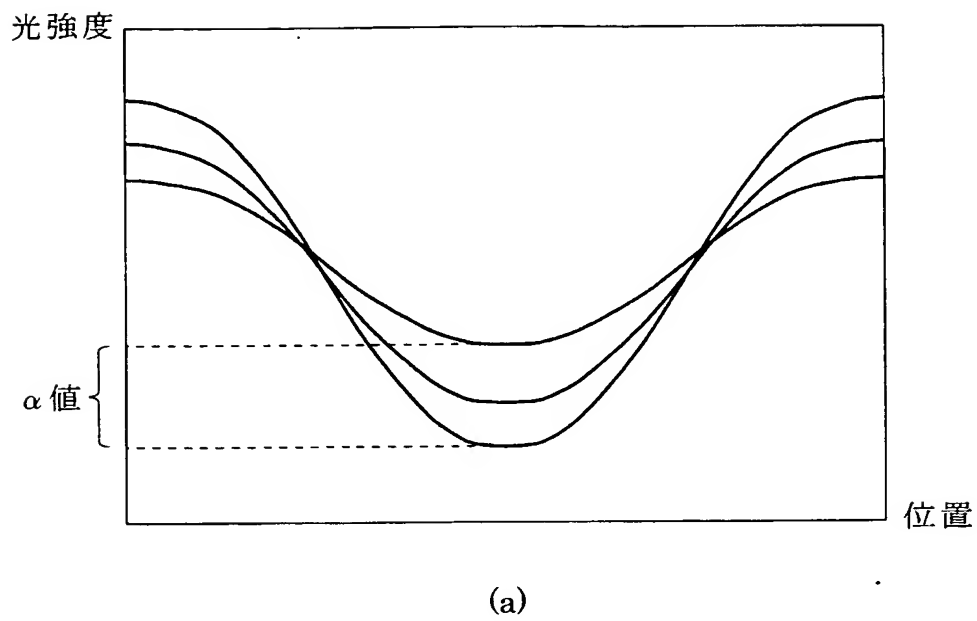
【図 2】



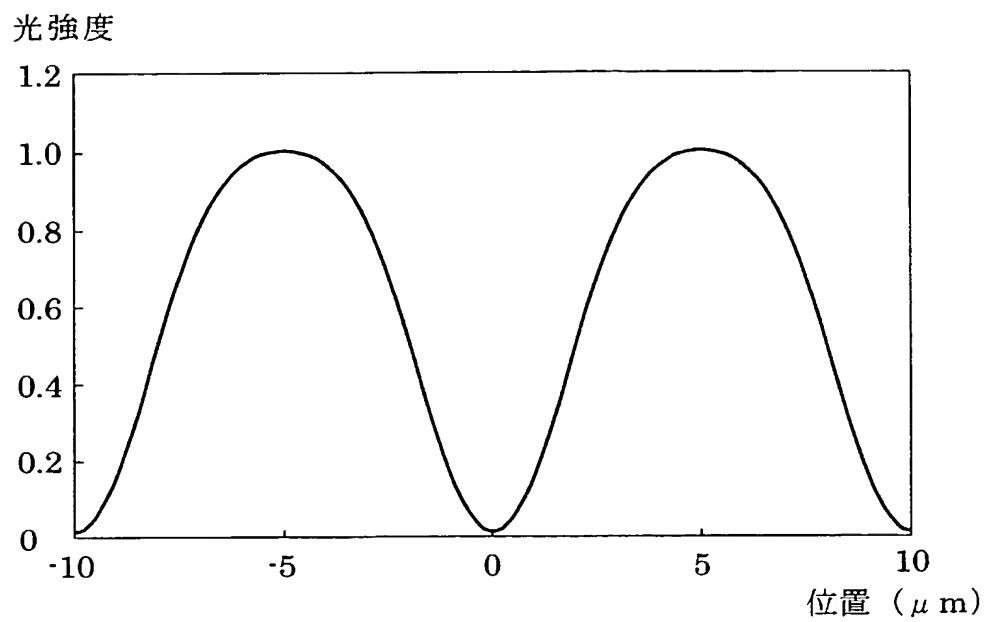
【図 3】



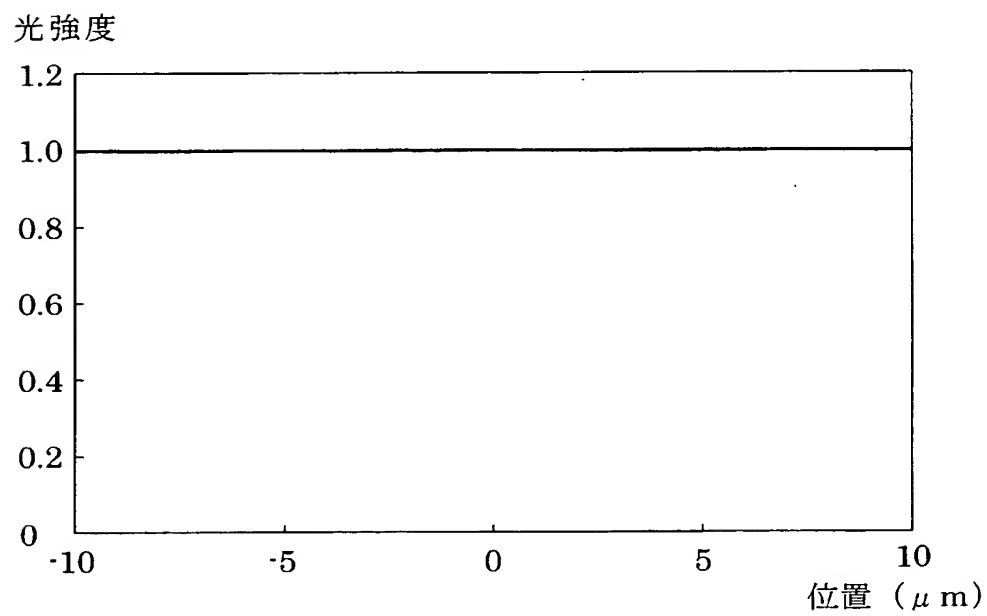
【図 4】



【図 5】

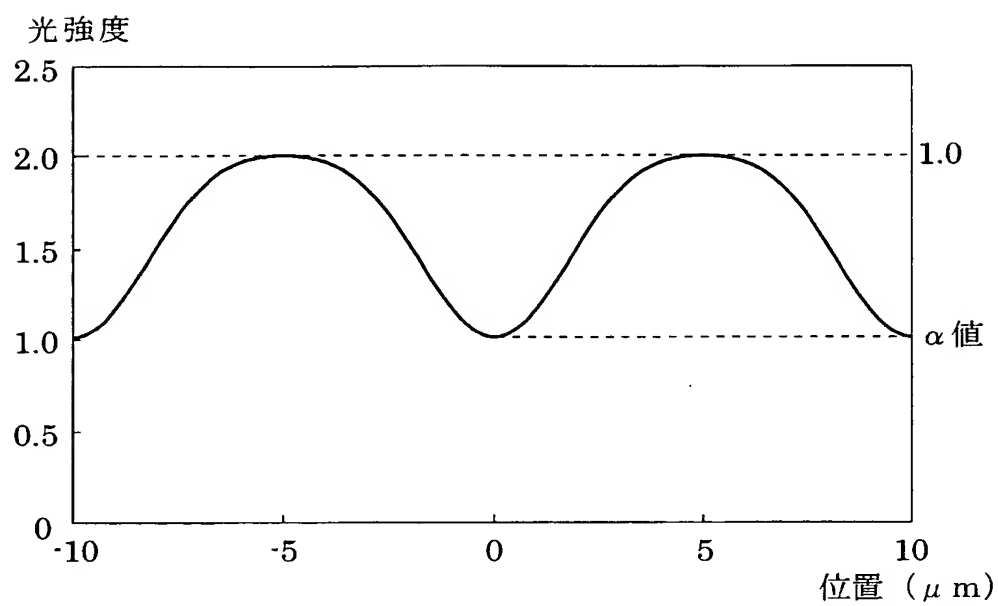


(a)

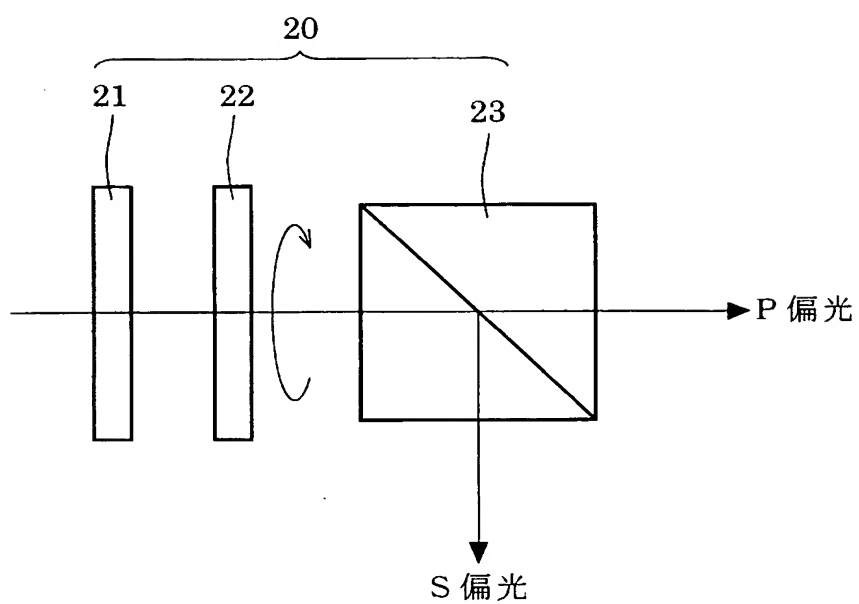


(b)

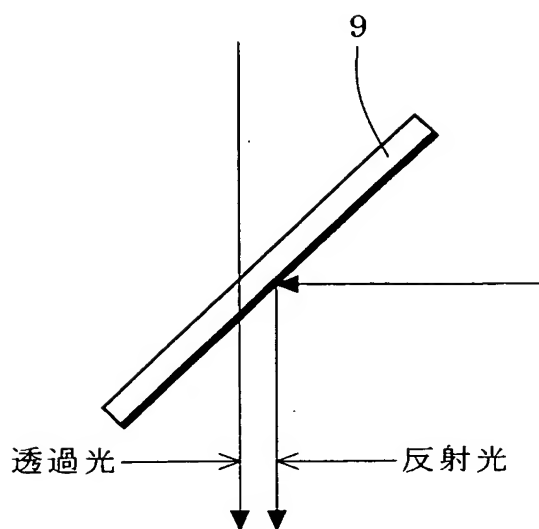
【図 6】



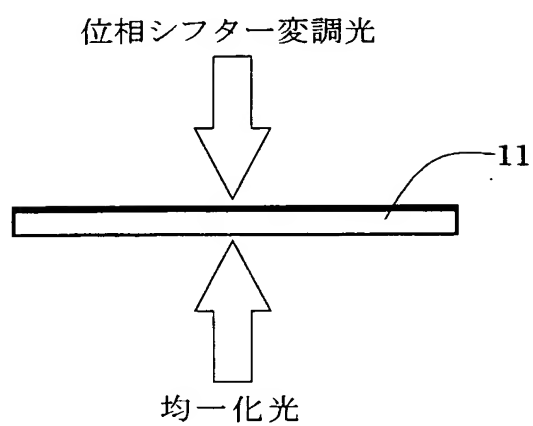
【図 7】



【図 8】

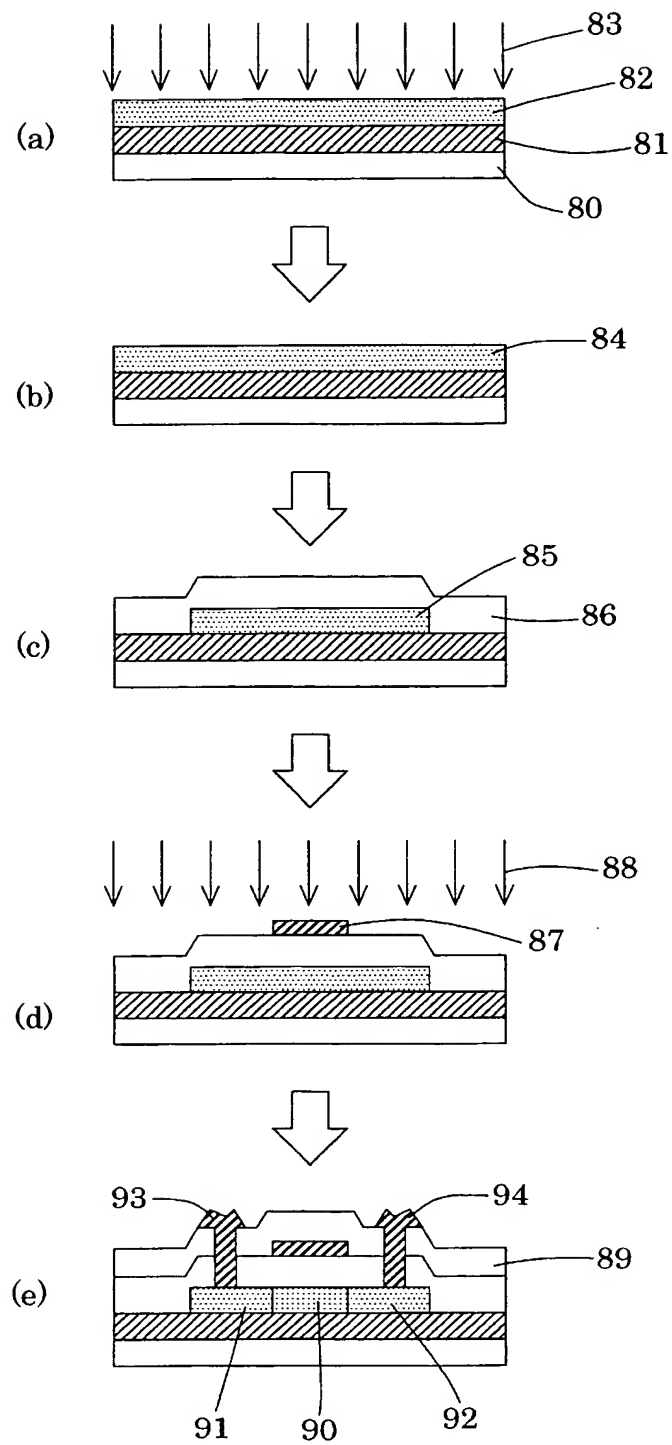


(a)

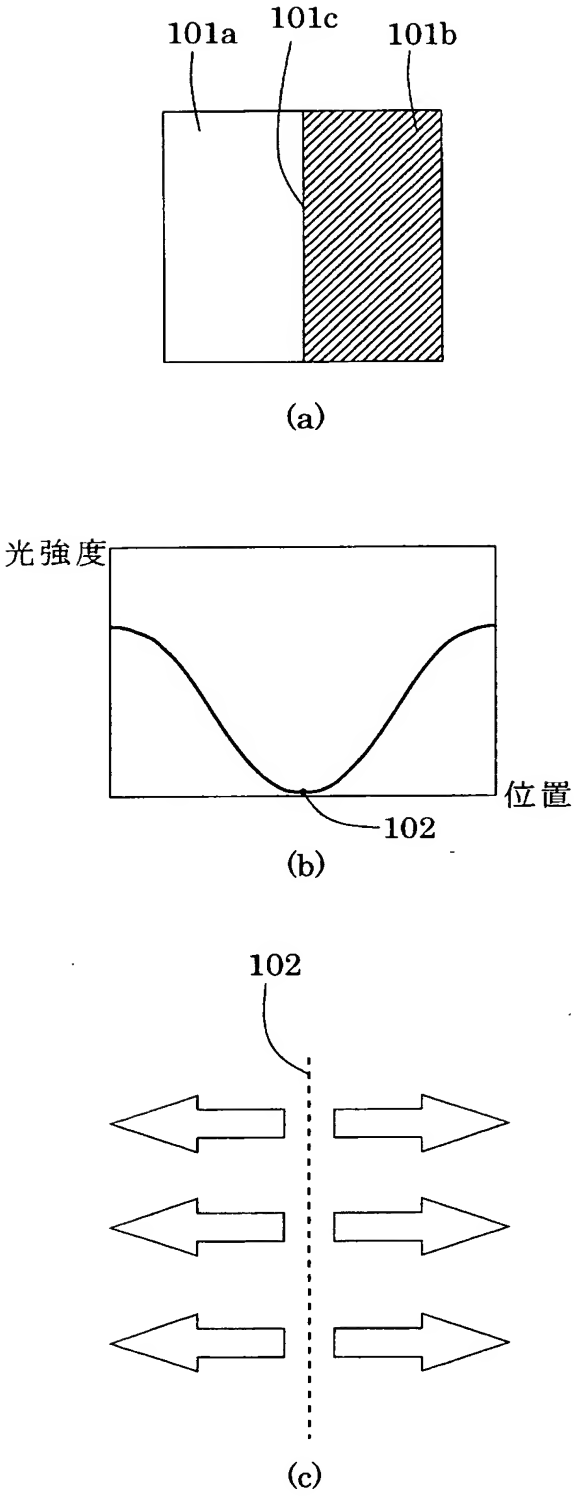


(b)

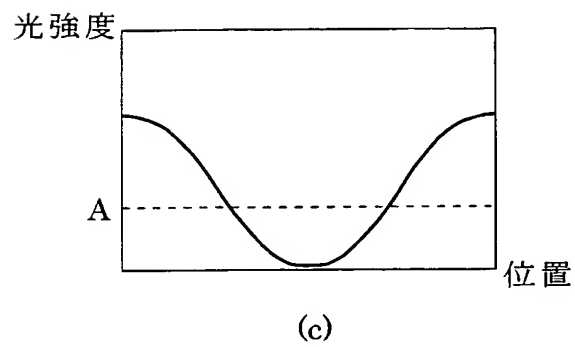
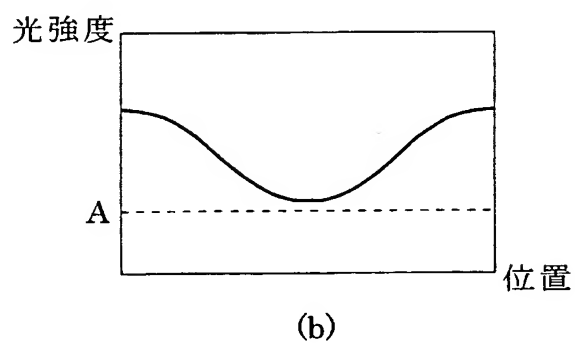
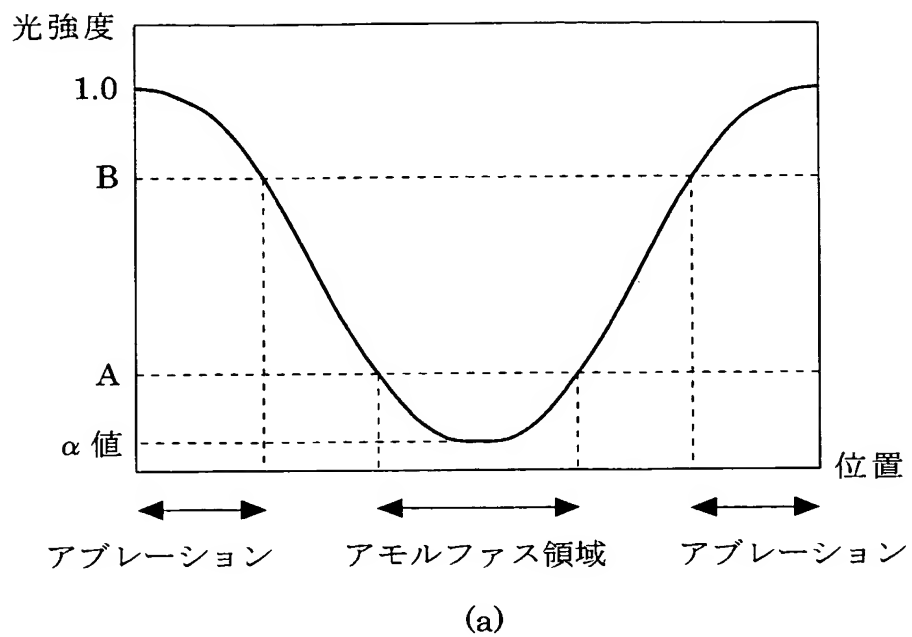
【図 9】



【図 1 0】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 アブレーションを実質的に発生させることなく、結晶核からの十分なラテラル成長を実現して大粒径の結晶化半導体膜を生成する結晶化装置。

【解決手段】 所定の光強度分布を有する光を多結晶半導体膜または非晶質半導体膜（11）に照射して結晶化半導体膜を生成する結晶化装置。ほぼ均一な光強度分布を有する光を半導体膜の所定領域に照射するための第1照射系（1，2，3，9，10）と、光強度の最も小さい領域から周囲に向かって光強度が増大する逆ピークパターンの光強度分布を有する光を半導体膜の所定領域に照射するための第2照射系（1，2，7，8，9，10）とを備えている。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 8 9 5 4 5
受付番号	5 0 3 0 0 5 1 0 5 4 5
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0 0 9 1
作成日	平成 1 5 年 4 月 3 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 3月28日

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 8 9 5 4 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 1 2 8 6 6 5 7]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 7 月 1 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地

氏 名

株式会社 液晶先端技術開発センター